





(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor mit wenigstens einem Ultraschallwandler (A,B) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (A0,B0) und einer am Ultraschallwandler (A,B) angeordneten Empfangseinheit (4), die einen Nulldurchgang (N) des Ultraschallsignals (A0,B0) als Empfangszeitpunkt detektiert, nachdem das Ultraschallsignal (A0,B0) einen vorgegebenen Schwellenwert (SW) überschritten hat. Die Messgenauigkeit des Sensors kann wesentlich verbessert werden, wenn die Empfangseinheit (4) den Zeitpunkt einer das Ultraschallsignal (A0,B0) kennzeichnenden Größe ermittelt und die relative zeitliche Verschiebung ( $\Delta t$ ) der kennzeichnenden Größe ( $\text{Amp}_{\max}$ ,  $T_s$ ) zu dem als Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) detektierten Nulldurchgang ( $N_0$  bzw.  $N_1$ ) bestimmt.

5

## Beschreibung

10

Bestimmung des Empfangszeitpunkts eines Ultraschallsignals  
mittels Pulsformerfassung

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Strömungssensor  
15 gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie ein  
Verfahren zur Bestimmung des Empfangszeitpunkts eines  
Ultraschallsignals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs  
7.

20 Ultraschall-Strömungssensoren dienen insbesondere dazu, den  
Volumen- oder Massestrom oder die Strömungsgeschwindigkeit  
eines gasförmigen oder flüssigen Mediums zu messen, das durch  
eine Rohrleitung strömt. Ein bekannter Typ von Ultraschall-  
Strömungssensoren umfasst zwei in Strömungsrichtung versetzt  
25 angeordnete Ultraschallwandler, die jeweils Ultraschall-  
signale erzeugen und diese an den jeweils anderen  
Ultraschallwandler aussenden. Die Ultraschallsignale werden  
vom jeweils anderen Wandler empfangen und mittels einer  
Elektronik ausgewertet. Der Laufzeitunterschied zwischen dem  
30 Signal in Strömungsrichtung und dem Signal in Gegenrichtung  
ist dabei ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des  
Fluids. Daraus kann die gewünschte Messgröße, wie z.B. ein  
Volumen- oder Massestrom, berechnet werden.

35 Fig. 1 zeigt eine typische Anordnung eines Ultraschall-  
Strömungssensors mit zwei Ultraschallwandlern A,B, die  
innerhalb einer Rohrleitung 3 angeordnet sind und sich in  
einem Abstand L gegenüberstehen. In der Rohrleitung 3 strömt  
ein Fluid 1 mit einer Geschwindigkeit v in Richtung des  
40 Pfeils 2. Die Messstrecke L ist gegenüber der  
Strömungsrichtung 2 um einen Winkel  $\alpha$  geneigt. Während einer

5 Messung senden sich die Ultraschallwandler A,B gegenseitig  
Ultraschallsignale zu, die je nach Richtung von der Strömung  
entweder verlangsamt oder beschleunigt werden. Die Laufzeiten  
der Schallsignale sind dabei ein Maß für die zu bestimmende  
Strömungsgeschwindigkeit.

10

Fig. 2 zeigt eine stark vereinfachte schematische Darstellung  
einer Wandleranordnung mit einer daran angeschlossenen  
Steuer- und Auswerteelektronik 4. Der Strömungssensor kann  
z.B. nach dem sogenannten "sing-around"-Verfahren arbeiten.

15

Dabei wird durch den Empfang eines Ultraschallsignals A0 bzw.  
B0 an einem der Wandler A,B unmittelbar ein Ultraschallsignal  
in Gegenrichtung ausgelöst.

20

Für die Laufzeitmessung eines Ultraschallsignals A0 bzw. B0  
ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Empfangszeitpunkt  
des Ultraschallsignals A0,B0 eindeutig und genau bestimmt  
wird. Ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren zur  
Bestimmung eines Empfangszeitpunkts wird im Folgenden anhand  
von Fig. 3 erläutert.

25

Fig. 3 zeigt den Signalverlauf eines einzelnen  
Ultraschallsignals A0 bzw. B0. Der "Empfangszeitpunkt" des  
Signals A0,B0 ist hier als der erste Nulldurchgang  $N_0$  des  
Signals definiert, nachdem die Signalamplitude Amp einen  
vorgegebenen Schwellenwert SW (den sogenannten Pretrigger  
Level) überschritten hat. In dem dargestellten Beispiel wäre  
somit der Zeitpunkt  $t_0$  der Empfangszeitpunkt des Signals.  
(Der Empfangszeitpunkt des Signals könnte alternativ auch  
anders, z.B. durch Auswertung der Phase des Signals bestimmt  
werden.)

35

Verschmutzungen, Driften oder Alterung der  
Ultraschallwandler, oder Turbulenzen im strömenden Fluid  
können dazu führen, dass die Amplitude der Ultraschallsignale  
A0,B0 stark variiert. Solange die Signalamplitude sich nicht  
zu stark ändert, wird die Nulldurchgangsdetektion kaum

40

- 5   beeinträchtigt, da immer der gleiche Nulldurchgang (bezogen auf das gesamte Signal) als Empfangszeitpunkt detektiert wird und die Frequenz des Signals im wesentlichen gleich bleibt. Sobald die Amplitude der vor dem Zeitpunkt  $t_0$  liegenden Halbwelle jedoch den Schwellenwert SW unterschreitet, kann es
- 10   zu Fehlmessungen des Empfangszeitpunkts kommen, da das Ultraschallsignal den Schwellenwert SW dann zu einem späteren Zeitpunkt überschreitet und somit ein falscher Nulldurchgang als Empfangszeitpunkt detektiert wird.
- 15   Fig. 4 zeigt den Signalverlauf des Ultraschallsignals A0,B0 bzw. Wandler-Ausgangssignals 5 mit verminderter Amplitude Amp. Dieses Signal übersteigt den festen Schwellenwert SW erst zu einem späteren Zeitpunkt. Die Empfangseinheit 4 ermittelt in diesem Fall den Nulldurchgang  $N_1$  und damit einen
- 20   falschen Nulldurchgang N als Empfangszeitpunkt  $t_0$  des Ultraschallsignals A0,B0. Die Laufzeitmessung des Ultraschallsignals A0,B0 verschiebt sich somit um ganzzahlige Vielfache von  $\pm 1/f$  bzw.  $\pm 1/(2f)$  ( $f$ =Ultraschallfrequenz), wodurch die Messgenauigkeit stark beeinträchtigt wird. Durch
- 25   starkes Anwachsen der Amplitude Amp des Ultraschallsignals A0,B0 bzw. des entsprechenden Wandler-Ausgangssignals 5 kann sich der detektierte Empfangszeitpunkt  $t_0$  auch in Richtung früherer Nulldurchgänge N verschieben (nicht gezeigt).
- 30   Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Messgenauigkeit eines Ultraschall-Strömungssensors bei stark schwankender Signalamplitude des Ultraschallsignals zu verbessern.
- 35   Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 sowie im Patentanspruch 7 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.
- 40   Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, den Zeitpunkt einer die Form des Ultraschallsignals

5 kennzeichnenden Größe (z.B. den Zeitpunkt der maximalen  
Amplitude oder des Signalschwerpunkts oder des Schwerpunkts  
der Hüllkurve) als Referenzzeitpunkt, einen Empfangszeitpunkt  
(z.B. einen nulldurchgang), sowie die relative zeitliche  
Verschiebung des Referenzzeitpunkts zum Empfangszeitpunkt zu  
10 ermitteln. Die zeitliche Verschiebung zwischen dem  
Referenzzeitpunkt und dem Empfangsereignis bleibt  
unverändert, so lange der Schwellenwert zwischen denselben  
beiden Amplituden des Ultraschallsignals liegt. Ändert sich  
die Amplitude des Ultraschallsignals bzw. des zugehörigen  
15 Wandler-Ausgangssignals so stark, dass der Schwellenwert  
zwischen zwei anderen Amplituden des Signals liegt, ändert  
sich die Zeitdifferenz zwischen der kennzeichnenden Größe und  
dem detektierten Empfangsereignis sprunghaft. Dies kann von  
der Empfangseinheit des Ultraschall-Strömungssensors erkannt  
20 und der Empfangszeitpunkt entsprechend korrigiert werden.

Die kennzeichnende Größe ist vorzugsweise eine Größe, die von  
der Signalamplitude unabhängig ist, wie z.B. der Zeitpunkt  
der maximalen Amplitude, des Signalschwerpunkts oder des  
25 Schwerpunkts der Hüllkurve.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung  
bestimmt der Zeitpunkt des Schwerpunkts der Hüllkurve den  
Referenzzeitpunkt. Der zeitliche Schwerpunkt der Hüllkurve  
30 kann z.B. in einer Prozessoreinheit nach folgender Beziehung  
berechnet werden:

$$T_s \sim \sum_{k=1}^n k \cdot A(k) / \sum_{k=1}^n A(k),$$

35 wobei k ein Laufindex ist, der die Nummer der positiven  
Halbwellen des Ultraschallsignals nach Überschreiten des  
Schwellenwertes beschreibt. A(k) ist die Amplitude der k-ten  
Halbwelle nach dem Überschreiten des Schwellenwerts  
(Triggerzeitpunkt).

40

- 5 Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung umfasst die Empfangseinheit eine Einrichtung zur Bestimmung der maximalen Amplitude des Ultraschallsignals. In diesem Fall ist die kennzeichnende Größe die maximale Amplitude des Ultraschallsignals. Die Wahl der maximalen Amplitude des
- 10 Ultraschallsignals als Referenzzeitpunkt liefert prinzipiell das gleiche Ergebnis wie die Wahl des Schwerpunkts der Hüllkurve, unter der Voraussetzung, dass sich die Position der maximalen Amplitude relativ zu den anderen Amplituden nicht ändert. Verschiebt sich die Position der maximalen
- 15 Amplitude jedoch relativ zu den übrigen Amplituden, kann es zu Fehlmessungen kommen, da sich das Zeitintervall zwischen dem detektierten Empfangszeitpunkt  $t_0$  und dem Referenzzeitpunkt um  $n \cdot 2\pi$  verändert.
- 20 Die Empfangseinheit umfasst vorzugsweise einen Komparator, an dessen Eingang das vom Ultraschallwandler erzeugte Wandler-Ausgangssignal und ein Referenzsignal (z.B. eine Schwellenspannung) anliegt, wobei die Empfangseinheit aus dem Ausgangssignal des Komparators eine Information über den
- 25 Referenzzeitpunkt (z.B. Zeitpunkt der maximalen Amplitude oder des Schwerpunkts der Hüllkurve) ermittelt.

Das Empfangsereignis ist vorzugsweise ein Nulldurchgang, kann aber auch ein anderes vorgegebenes Kriterium sein.

30

Die Empfangseinheit ist vorzugsweise in der Lage, den Empfangszeitpunkt in Abhängigkeit von seiner zeitlichen Position zum Referenzzeitpunkt zu korrigieren.

- 35 Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen aus dem Stand der Technik bekannten Ultraschall-Strömungssensor mit zwei Ultraschallwandlern;

40

5 Fig. 2 einen Ultraschall-Strömungssensor mit zugehöriger  
Steuer- und Empfangsschaltung;

Fig. 3 den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals  
mit großer Amplitude;

10

Fig. 4 den Signalverlauf eines einzelnen Ultraschallsignals  
mit kleiner Amplitude;

15 Fig. 5 eine aus dem Stand der Technik bekannte Schaltung zur  
Nulldurchgangsdetektion;

Fig. 6 einen typischen Verlauf des Signalschwerpunkts in  
Abhängigkeit vom Verhältnis  
Schwellenspannung/Signalamplitude; und

20

Fig. 7 den Verlauf des Schwerpunkts einer Hüllkurve des  
Ultraschallsignals in Abhängigkeit vom Verhältnis  
Schwellenspannung/Signalamplitude.

25 Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1-4 wird auf die  
Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 3 zeigt, wie erwähnt, die Bestimmung des  
Empfangszeitpunkts  $t_0$  eines Ultraschallsignals A0,B0 mittels  
30 Nulldurchgangsdetektion. Dabei wird der erste Nulldurchgang  
 $N_0$  des Signals A0 bzw. B0, nachdem das Signal A0,B0 einen  
vorgegebenen Schwellenwert SW überschritten hat, als  
Empfangszeitpunkt  $t_0$  detektiert. (Wahlweise könnte auch ein  
anderes Ereignis, z.B. das Überschreiten eines Schwellenwerts  
35 als Empfangsereignis definiert werden.)

Die Empfangseinheit 4 (Fig. 2) ermittelt ferner den Zeitpunkt  
 $t_0$  der maximalen Signalamplitude  $A_{p_{max}}$  und die Zeitdifferenz  
 $\Delta t$  zwischen dem Empfangszeitpunkt  $t_0$  und dem Zeitpunkt  $t_1$ .  
40 (Wahlweise kann auch der Zeitpunkt einer anderen



- 5 kennzeichnenden Größe, z.B. der Zeitpunkt des Schwerpunkts der Hüllkurve 6 als Referenzzeitpunkt  $t_1$  ermittelt werden.)

Bei einer starken Änderung der Signalamplitude Amp des Ultraschallsignals (siehe Fig. 4) wird der falsche  
10 Nulldurchgang (hier  $N_1$ ) als Empfangszeitpunkt  $t_0$  detektiert. Die Zeitdifferenz  $\Delta t$  ändert sich dadurch sprunghaft um ganzzahlige Vielfache von  $1/f$  oder  $1/(2f)$ , wobei  $f$  die Ultraschallfrequenz ist. Dies wird von der Empfangseinheit 4 erkannt und der Empfangszeitpunkt  $t_0$  entsprechend korrigiert.

15 Fig. 5 zeigt eine bekannte Logikschaltung zur Nulldurchgangsdetektion, mit der der Empfangszeitpunkt  $t_0$  bestimmt werden kann. Die Schaltung umfasst einen ersten Komparator 10, an dessen Eingang (-) das Ultraschallsignal US  
20 bzw. das entsprechende Wandler-Ausgangssignal 5 anliegt, und an dessen anderem Eingang (+) eine Schwellenspannung  $U_{sw}$  als Referenz zugeführt wird. Der Ausgang des Komparators 10 geht immer dann in den Zustand "high", wenn die Amplitude des Ultraschallsignals  $A_0, B_0$  die Referenzspannung  $U_{sw}$   
25 überschreitet. Aus der Dauer der High-Phasen kann der Zeitpunkt der maximalen Amplitude  $Amp_{max}$  bestimmt werden.

Der zweite Komparator 11 von Fig. 5 dient zur Nulldurchgangsdetektion. Der zweite Komparator 11 erhält  
30 hierzu an seinem positiven Eingang (+) das Ultraschallsignal US und an seinem negativen Eingang (-) eine entsprechende Referenzspannung (hier 0V). Das Ausgangssignal  $K_1, K_2$  der Komparatoren 10, 11 ist in Fig. 6 dargestellt.

35 Fig. 6 zeigt das pulswidenmodulierte Ausgangssignal  $K_1$  des ersten Komparators 10. Die einzelnen High-Phasen des Signals  $K_1$  können z.B. in verschiedenen Zählern gespeichert und ausgewertet werden. Die längste High-Phase indiziert dabei die maximale Amplitude  $Amp_{max}$  des Ultraschallsignals  $A_0$  bzw.  
40  $B_0$ .

- 5 Das Komparator-Ausgangssignal könnte analog oder digital weiterverarbeitet oder arithmetisch bewertet werden. So könnte z.B. eine Kreuzkorrelation verschiedener Ausgangssignale  $K_1$  durchgeführt werden.
- 10 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Schwerpunkt  $T_s$  der Hüllkurve 6 des Ultraschallsignals  $A_0, B_0$  als charakteristische Größe herangezogen, die in Relation zum detektierten Empfangszeitpunkt  $t_0$  gesetzt wird. Der zeitliche Schwerpunkt der Hüllkurve 6 kann beispielsweise
- 15 aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$T_s \sim \sum_{k=1}^n k \cdot A(k) / \sum_{k=1}^n A(k),$$

- wobei  $k$  ein Laufindex ist, der die Nummer der positiven
- 20 Halbwellen des Ultraschallsignals nach Überschreiten des Schwellenwertes  $SW$  beschreibt.  $A(k)$  ist dabei die Amplitude der  $k$ -ten Halbwelle nach dem Überschreiten des Schwellenwerts (Triggerzeitpunkt).
- 25 Fig. 7 zeigt den Verlauf des Signalschwerpunkts  $T_s$  in Abhängigkeit vom Verhältnis der Schwellenspannung  $USW$  zur Signalamplitude  $Amp$ . Immer dann, wenn sich die Amplitude  $Amp$  des Ultraschallsignals  $A_0, B_0$  so stark ändert, dass der Schwellenwert  $USW$  eine Signalperiode früher oder später
- 30 überschritten wird, hat das Signal  $T_s$  einen Sprung.

- Da eine höhere Amplitude  $A(k)$  auch eine größere High-Zeit des ersten Komparators 10 nach sich zieht, kann  $A(k)$  in einer groben, aber ausreichend guten Näherung durch die High-Zeit
- 35 des Signals  $K_1$  ersetzt werden. Die erste Summe der vorstehend genannten Gleichung kann ohne arithmetische Funktionen z.B. mittels eines Zählers realisiert werden, dessen Takteingang vom High-Pegel des pulsweitenmodulierten Komparator-Ausgangssignals  $K_1$  freigeschaltet wird. Die Multiplikation
- 40 mit dem Laufindex  $k$  kann ohne Arithmetik erreicht werden,

- 5 indem die Taktfrequenz des Zählers bei jeder Halbwelle entsprechend erhöht oder erniedrigt wird.

5

## Bezugszeichenliste

10

	1	Fluid
	2	Strömungsrichtung
	3	Rohrleitung
	4	Steuer- und Auswerteeinheit
15	5	Wandler-Ausgangssignal
	6	Hüllkurve
	10	erster Komparator
	11	zweiter Komparator
	12	Monoflop
20	13	Verarbeitungseinheit
	14	UND-Gatter
	K <sub>1</sub>	Komparator-Ausgangssignal
	K <sub>2</sub>	Komparator-Ausgangssignal
	SW	Schwellenwert
25	A,B	Ultraschallwandler
	A0,B0	Ultraschallsignale
	Amp <sub>max</sub>	maximale Amplitude
	t <sub>0</sub>	Empfangszeitpunkt
	Δt	Zeitverschiebung
30	USW	Schwellenspannung
	US	Ultraschallsignaleingang
	T <sub>s</sub>	Schwerpunkt der Hüllkurve

5

## Patentansprüche

10

1. Ultraschall-Strömungssensor, umfassend

- wenigstens einen Ultraschallwandler (A,B) zum Aussenden und Empfangen von Ultraschallsignalen (A0,B0), und

15     - eine am Ultraschallwandler (A,B) angeschlossene Empfangseinheit (4), die ein vorgegebenes Ereignis (N) des Ultraschallsignals (A0,B0) als Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) detektiert,

dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) derart realisiert ist, dass sie den Zeitpunkt ( $t_1$ ) einer das

20     Ultraschallsignal (A0,B0) kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ), sowie die zeitliche Verschiebung ( $\Delta t$ ) des Zeitpunkts ( $t_1$ ) zum Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) ermittelt.

25     2. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine maximale Amplitude ( $Amp_{max}$ ) des Ultraschallsignals (A0,B0) als kennzeichnende Größe ermittelt.

30     3. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) die zeitliche Lage ( $T_s$ ) des Schwerpunkts des Ultraschallsignals (A0,B0) oder seiner Hüllkurve (6) als kennzeichnende Größe bestimmt.

35     4. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) einen Komparator (10) umfasst, an dessen Eingang ein Wandler-Ausgangssignal (5) und ein Referenzsignal (SW) anliegt, und dass die Empfangseinheit (4) aus dem Ausgangssignal des Komparators (10) eine Information über den  
40     Zeitpunkt ( $t_1$ ) der kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ) ermittelt.

5

5. Ultraschall-Strömungssensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das am Komparator (10) anliegende Referenzsignal ein Schwellenwert (SW) ungleich Null ist und das Ausgangssignal des Komparators (10) ein pulsweitenmoduliertes Signal (K1) ist, aus dem der Zeitpunkt ( $t_1$ ) der kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ) ermittelt wird.

6. Ultraschall-Strömungssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) in Abhängigkeit von der zeitlichen Verschiebung ( $\Delta t$ ) korrigiert wird.

7. Verfahren zur Detektion eines Ultraschallsignals ( $A0, B0$ ) an einem Ultraschallwandler (A,B) mittels einer Empfangseinheit (4), die ein vorgegebenes Ereignis (N) des Ultraschallsignals ( $A0, B0$ ) als Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) detektiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) den Zeitpunkt ( $t_1$ ) einer das Ultraschallsignal ( $A0, B0$ ) kennzeichnenden Größe ( $Amp_{max}, T_s$ ), sowie die zeitliche Verschiebung ( $\Delta t$ ) des Zeitpunkts ( $t_1$ ) zum Empfangszeitpunkt ( $t_0$ ) ermittelt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) eine maximale Amplitude ( $Amp_{max}$ ) des Ultraschallsignals ( $A0, B0$ ) als kennzeichnende Größe ermittelt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangseinheit (4) die zeitliche Lage des Schwerpunkts des Ultraschallsignals ( $A0, B0$ ) oder seiner Hüllkurve (6) als kennzeichnende Größe bestimmt.

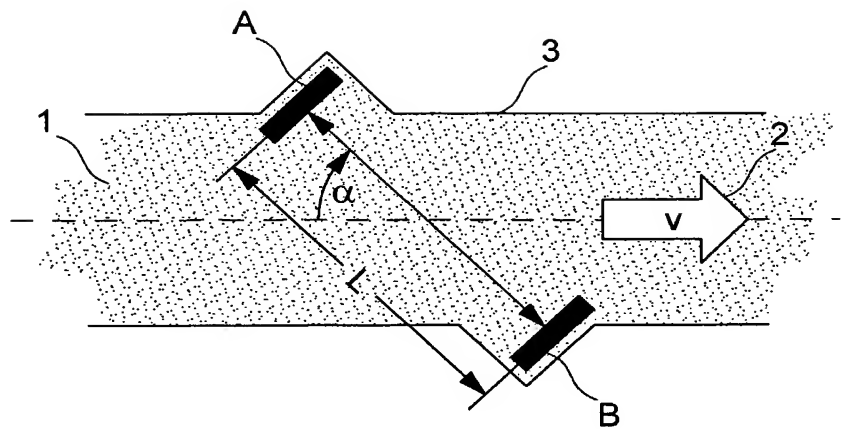


Fig. 1

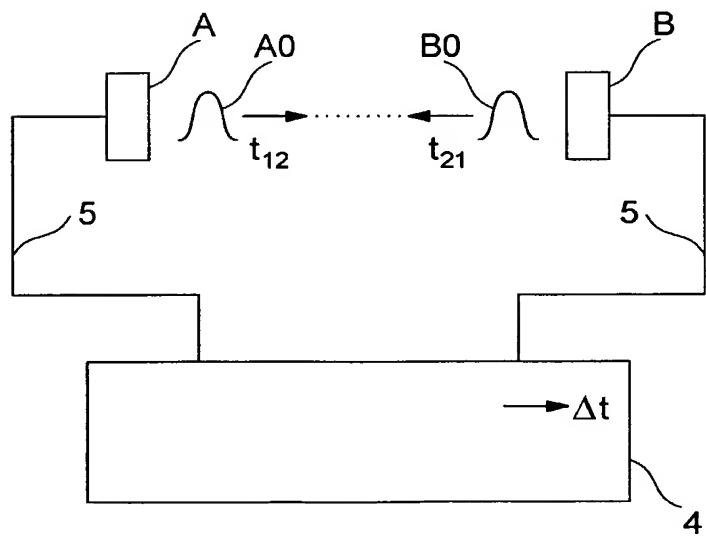


Fig. 2

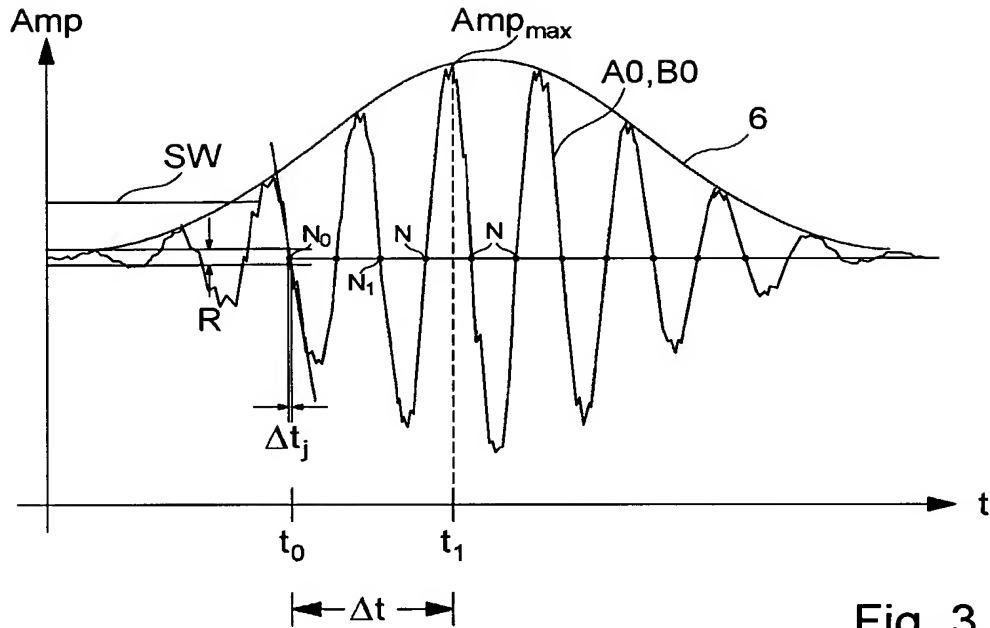


Fig. 3

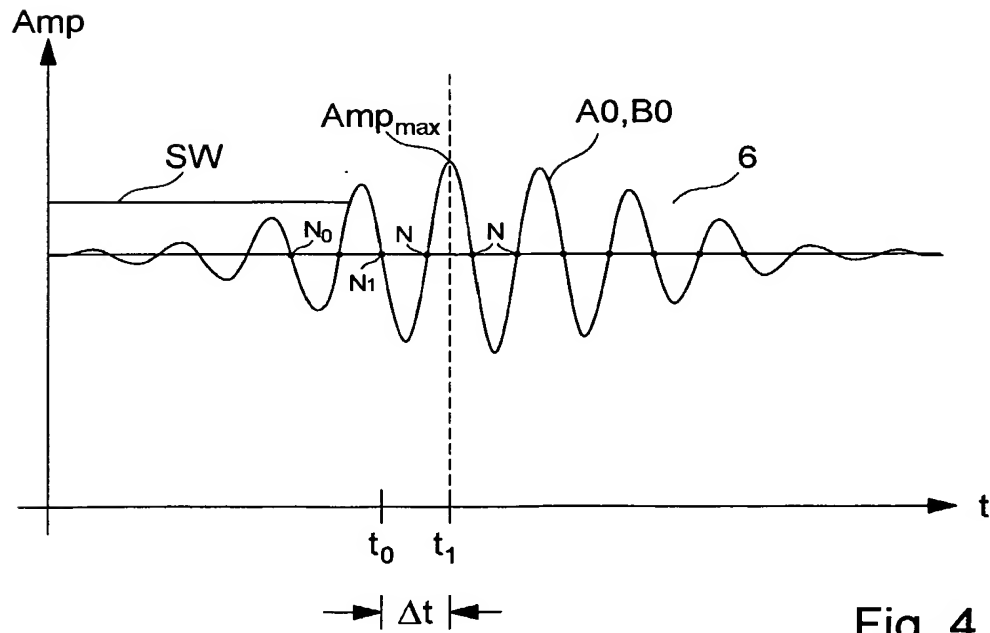


Fig. 4



3 / 4

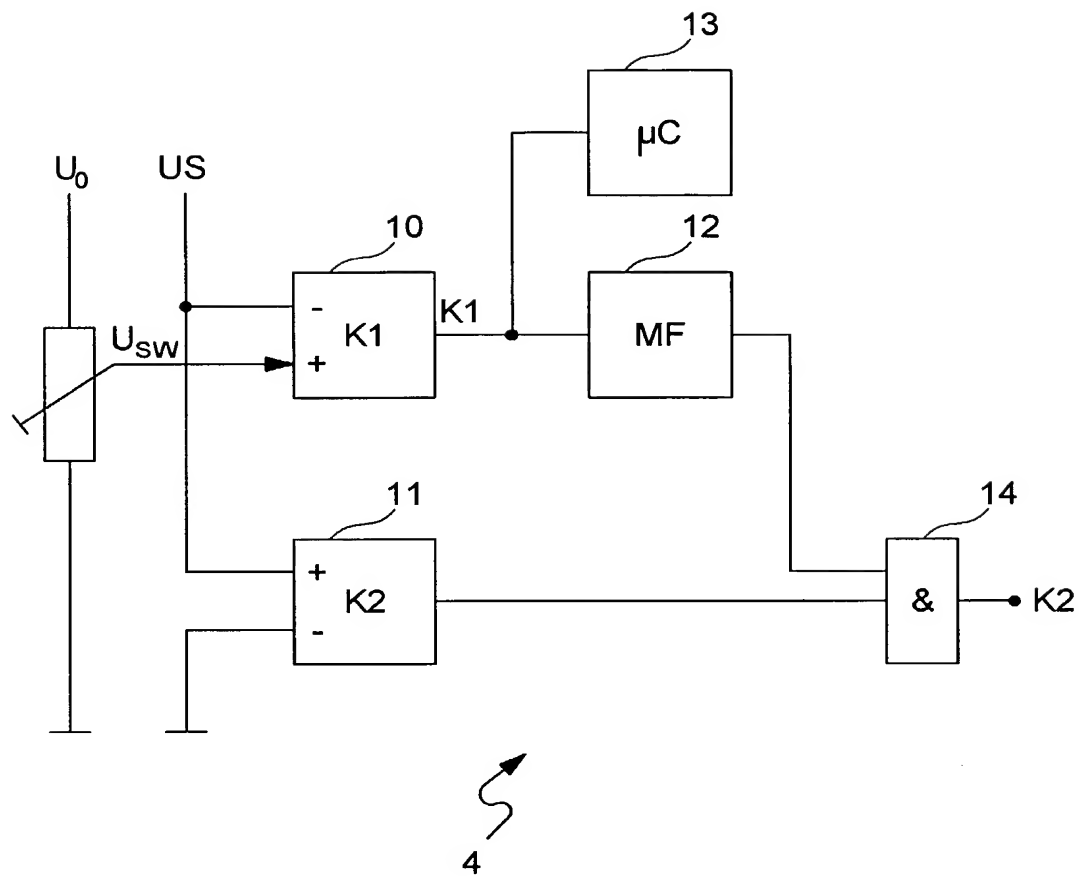


Fig. 5

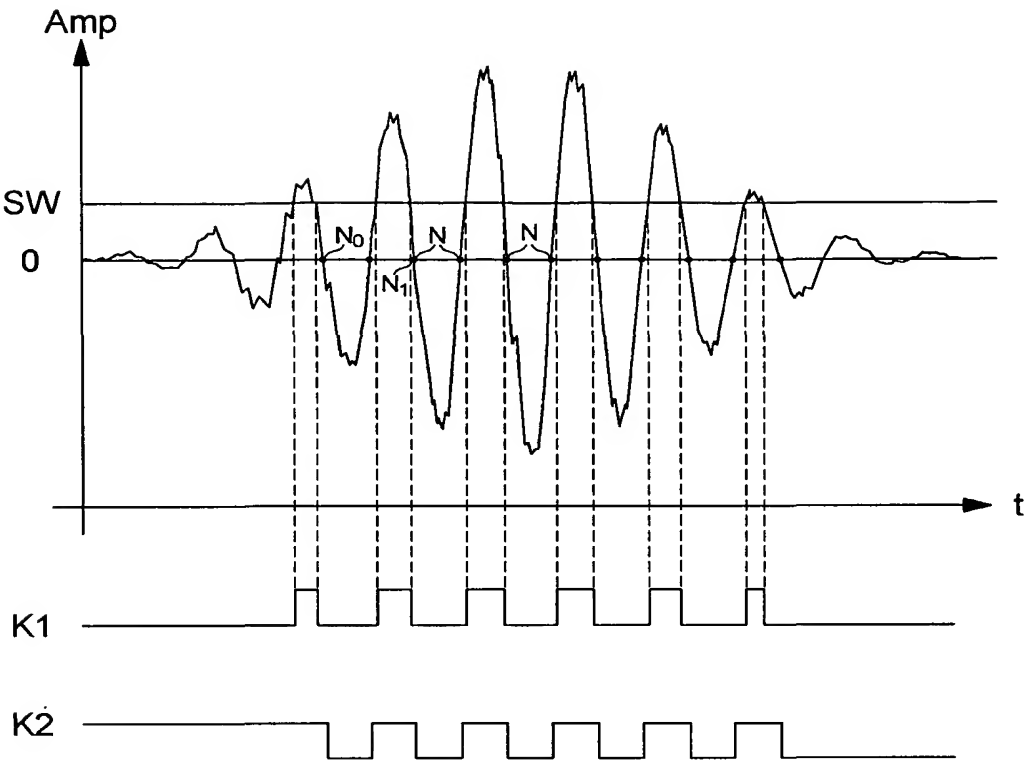


Fig. 6



Fig. 7